

Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle

Kurztitel/ ggf. Akronym:	URS
Projektziel:	Das Forschungsvorhaben zielt darauf ab, unterschiedliche Themen hinsichtlich Ungewissheiten anhand verschiedener Fragestellungen zu untersuchen, um hierdurch die Robustheit und damit die Sicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle zu verbessern. Dies beinhaltet u. a. die Erweiterung des Kenntnisstandes von Ungewissheiten, aber auch die Entwicklung von Methoden zum Umgang mit Ungewissheiten.
Forschungsfeld:	Vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
Projektpartner:	Siehe Tabelle 1
Fördervolumen (Netto):	6.023.271,00 €
Projektlaufzeit:	2022 bis 2025
Forschungsauftrags- nummer:	STAFuE-21-4-Klei
Weiterführende Informationen:	-

Projektbeschreibung

Im Zuge der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (vSU) wird in § 11 Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (EndlSiUntV) die „Bewertung von „Ungewissheiten“ geregelt. Gemäß § 11 Abs. 1 - 3 EndlSiUntV soll mit Ungewissheiten, die zum Zeitpunkt der Erstellung der jeweils durchzuführenden vSU bestehen, wie folgt verfahren werden:

- Ungewissheiten sollen systematisch ausgewiesen und charakterisiert werden (Abs. 1),
- Der Umgang mit Ungewissheiten und deren Auswirkungen auf die Aussagekraft auf die Ergebnisse der vSU und auf die Zuverlässigkeit sicherheitsgerichteter Aussagen soll dokumentiert werden (Abs. 2) und
- Es soll dargestellt werden, ob und in welchem Umfang bestehende Ungewissheiten durch weitere Erkundungs-, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen reduziert werden können (Abs. 3).

Für die Bewertung eines Untersuchungsraums entsprechend EndISiUntV sind Annahmen hinsichtlich der Eignung als Standort mit der bestmöglichen Sicherheit nach StandAG zu treffen. Diese Annahmen basieren auf Interpretationen von Daten, Analogieschlüssen und geowissenschaftlichen Modellvorstellungen. Jede dieser Komponenten ist mit Ungewissheiten behaftet, die sich in den darauf basierenden Modellrechnungen fortpflanzen.

Der Forschungscluster besteht aus insgesamt sechs verschiedenen Forschungsverbänden, die sich mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für hochaktive Abfälle mit unterschiedlichen Fragestellungen hinsichtlich des Umgangs mit im Standortauswahlverfahren auftretenden Ungewissheiten beschäftigen. Im Folgenden werden die jeweiligen Forschungsverbände und deren Schwerpunkte erläutert.

Der Forschungsverbund „Risk based Assessment of Salt Domes as Disposal Sites for Nuclear Waste“ (RADON), bestehend aus dem Institut für Risiko und Zuverlässigkeit (IRZ) und dem Institut für Strömungsmechanik und Umweltphysik im Bauwesen (ISU) der Leibniz Universität Hannover (LUH), entwickelt eine Plattform zur probabilistischen Bewertung von Freisetzungen radioaktiver Stoffe in Verbindung mit tiefen Endlagern. Diese Plattform wird aus den folgenden Komponenten bestehen: i. numerische Modellierung zur Simulation komplexer Strömungs- und Transportprozesse; ii. probabilistischer Rahmenplan zur Betrachtung der damit verbundenen Ungewissheiten; iii. Bayessche Netze zur Bewertung entstehender Risiken. Als Endprodukt soll dem Entscheidungsträger ein Risiko-informiertes Werkzeug zur Verfügung stehen.

Das Forschungsvorhaben „Ungewissheiten in THM-gekoppelten Integritätsberechnungen“ wird von der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, der Technischen Universität Chemnitz, dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durchgeführt. THM-gekoppelte numerische Integritätsanalysen der geologischen Barriere stellen im Rahmen der Sicherheitsuntersuchungen wichtige Werkzeuge dar. Ziel dieses Vorhabens ist es, Methoden für die Quantifizierung von Ungewissheiten in den bewertungsrelevanten Ausgangsgrößen dieser prozessbasierten Integritätsanalysen zu entwickeln und zu testen, die speziell aus den mit Ungewissheiten belegten Eingangsparametern resultieren. Dieses Vorhaben soll es ermöglichen, eine probabilistische gut fundierte Bewertung der geologischen Barriereintegrität durchzuführen, welche auf modernen mathematischen Methoden zur Quantifizierung von Ungewissheiten beruhen.

Im Forschungsverbund „Endlagersicherheit: Ungewissheiten und Regulatorische Aspekte“ (ENSURE), bestehend aus dem Institut für Endlagerforschung der Technischen Universität Clausthal und dem Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement der Universität Kassel, sollen Empfehlungen für die Berücksichtigung von Ungewissheiten bei der Durchführung und Kommunikation von Sicherheitsuntersuchungen im Zusammenwirken mit der geowissenschaftlichen Abwägung im Standortauswahlverfahren abgeleitet werden. Hierfür werden sowohl naturwissenschaftlich-technische als auch an den „Faktor Mensch“ geknüpfte Aspekte betrachtet. Es wird eine thematische Struktur für Empfehlungen für die Berücksichtigung von sicherheitsrelevanten Ungewissheiten im Standortauswahlverfahren erarbeitet und iterativ

in Zusammenwirken mit allen Verbänden des Clusters weiterentwickelt. Basierend darauf werden Empfehlungen für eine Strategie für den Umgang mit Ungewissheiten im Standortauswahlverfahren, insbesondere beim Vergleich von Standorten (auch angesichts unterschiedlicher Sicherheitskonzepte) und der diesbezüglichen Kommunikation, erarbeitet. Die Empfehlungen werden unter Berücksichtigung der Ergebnisse aller Vorhaben des Clusters abgeleitet.

Die Arbeit des Forschungsverbands „Reduzierung von Szenariungewissheiten durch Klimamodelle“ (REDUKLIM), bestehend aus der Abteilung Standortauswahl des Bereichs Endlagerung der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH und der Abteilung für Erdsystemanalyse des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), fokussiert sich vor allem auf die Klimamodellierung, deren Auswirkungen und Ungewissheiten hinsichtlich der Entwicklung eines Endlagersystems. Basierend darauf sollen Strategien zum Umgang mit Ungewissheiten hinsichtlich der Langzeitsicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle abgeleitet werden. Hierfür werden physikbasierte Szenarienmodelle und Impactmodelle für die Modellierung des zukünftigen Klimas verwendet, um mit deren Hilfe eine quantitative Bewertung der Ungewissheiten hinsichtlich möglicher zukünftiger Klimaszenarien, einschließlich des Zeitpunkts und der Ausbreitung zukünftiger Vereisungen in Deutschland, durchführen zu können.

Der Forschungsverbund „Verbesserung der prädikativen Güte endlagerrelevanter Simulationen durch optimale Datenakquise und Smart-Monitoring“, bestehend aus der RWTH Aachen University (Lehrstuhl für Methoden der modellbasierten Entwicklung in den computergestützten Ingenieurwissenschaften, Institut für Angewandte Geophysik und Geothermische Energie) und der Universität Stuttgart (Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung), konzentriert sich auf die Fortentwicklung von Verfahren zur Parameterschätzung sowie der modelltechnischen Optimierung der Akquise von Mess- und Beobachtungsdaten. Die Methoden sollen dazu beitragen, während des Verfahrens eine optimale Strategie und Planung der Erkundungen sowie des Monitorings der möglichen Endlagerstandorte zu erreichen. Hierbei werden bestehende numerische Modelle und Verfahren des ‚Optimal Experimental Designs‘ sowie des Bayesischen Verfahrens kombiniert.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Bausteine zur Quantifizierung von Ungewissheiten in Geologischen Modellen“ (GeoBlocks), bestehend aus dem Computational Geoscience and Reservoir Engineering, dem Lehrstuhl für Geologie und Paläontologie, dem Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH Aachen University, dem Department of Geology and Geophysics der University of Aberdeen sowie der BGR, sollen sowohl die Ungewissheiten der geologischen und geophysikalischen Eingangsdaten systematisch analysiert, als auch die Ungewissheiten der geologischen Modellierung quantitativ erfasst werden. Darüber hinaus soll für alle Wirtsgesteine die räumliche Variabilität beschrieben, Methoden zur Vergleichbarkeit von Regionen mit unterschiedlicher Datendichte entwickelt und Ansätze zur Reduzierung von Ungewissheiten erarbeitet werden. Hierzu werden zuerst synthetische Datensätze mit sehr hoher Datendichte generiert und an diesen Datensätzen Einflüsse von Eingangsdaten und verschiedenen Modellierungsansätzen systematisch analysiert.

Tabelle 1: Übersicht der Forschungsverbünde mit entsprechenden Projektpartnern

Titel	Akronym	Projektpartner
Risk-based Assessment of Salt Domes as Disposal Sites for Nuclear Waste	RADON	Leibniz Universität Hannover (LUH), <ul style="list-style-type: none"> • Institut für Risiko und Zuverlässigkeit (IRZ), • Institut für Strömungsmechanik und Umweltphysik im Bauwesen (ISU)
Ungewissheiten in THM-gekoppelten Integritätsberechnungen		Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Geotechnik Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Mathematik Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Department Umwelthinformatik Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Endlagersicherheit: Ungewissheiten und Regulatorische Aspekte	ENSURE	Technische Universität Clausthal, Institut für Endlagerforschung Universität Kassel, Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement
Reduzierung von Szenariungewissheiten durch Klimamodelle	REDUKLIM	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Bereich Endlagerung Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Abteilung Erdsystemanalyse
Verbesserung der prädiktiven Güte endlagerrelevanter Simulationen durch optimale Datenakquise und Smart-Monitoring		RWTH Aachen University <ul style="list-style-type: none"> • Lehrstuhl für Methoden der modellbasierten Entwicklung in den computergestützten Ingenieurwissenschaften • Institut für Angewandte Geophysik und Geothermische Energie Universität Stuttgart, Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung
Bausteine zur Quantifizierung von Ungewissheiten in Geologischen Modellen	GeoBlocks	RWTH Aachen University <ul style="list-style-type: none"> • Computational Geoscience and Reservoir Engineering • Lehrstuhl für Geologie und Paläontologie • Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie University of Aberdeen, Department of Geology and Geophysics Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe